

物質科学

元素存在度

渡邊（地球システム科学科）

2019/6/28



Periodic Table of Elements

Atomic weights based on $^{12}\text{C} = 12$

(Numbers) = most stable isotope

s block

1 H 1.0079	II
3 Li 6.941	4 Be 9.0122
11 Na 22.990	12 Mg 24.305
19 K 39.098	20 Ca 40.078
37 Rb 85.468	38 Sr 87.62
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33
87 Fr (223)	88 Ra 226.03

d block

Transition Metals

21 Sc 44.956	22 Ti 47.88	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.847	27 Co 58.933	28 Ni 58.69	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39
39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 105.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41
57 *La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.85	75 Re 186.21	76 Os 190.2	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59
89 **Ac 227.03	104 Unq (261)	105 Unp (262)	106 Unh (263)	107 Uns (?)					

p block

III	IV	V	VI	VII	VIII
5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	2 He 4.0026
13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.066	17 Cl 35.453	10 Ne 20.180
31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	18 Ar 39.948
49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.90	36 Kr 83.80
81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	54 Xe 131.29
					86 Rn (222)

Metals

Non-metals

f block

58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.97	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

*Lanthanides

**Actinides

宇宙で最も多い

(原子の個数で)

元素は何か？

太陽系でそれぞれの元素は

どのような量比で

存在しているのか？

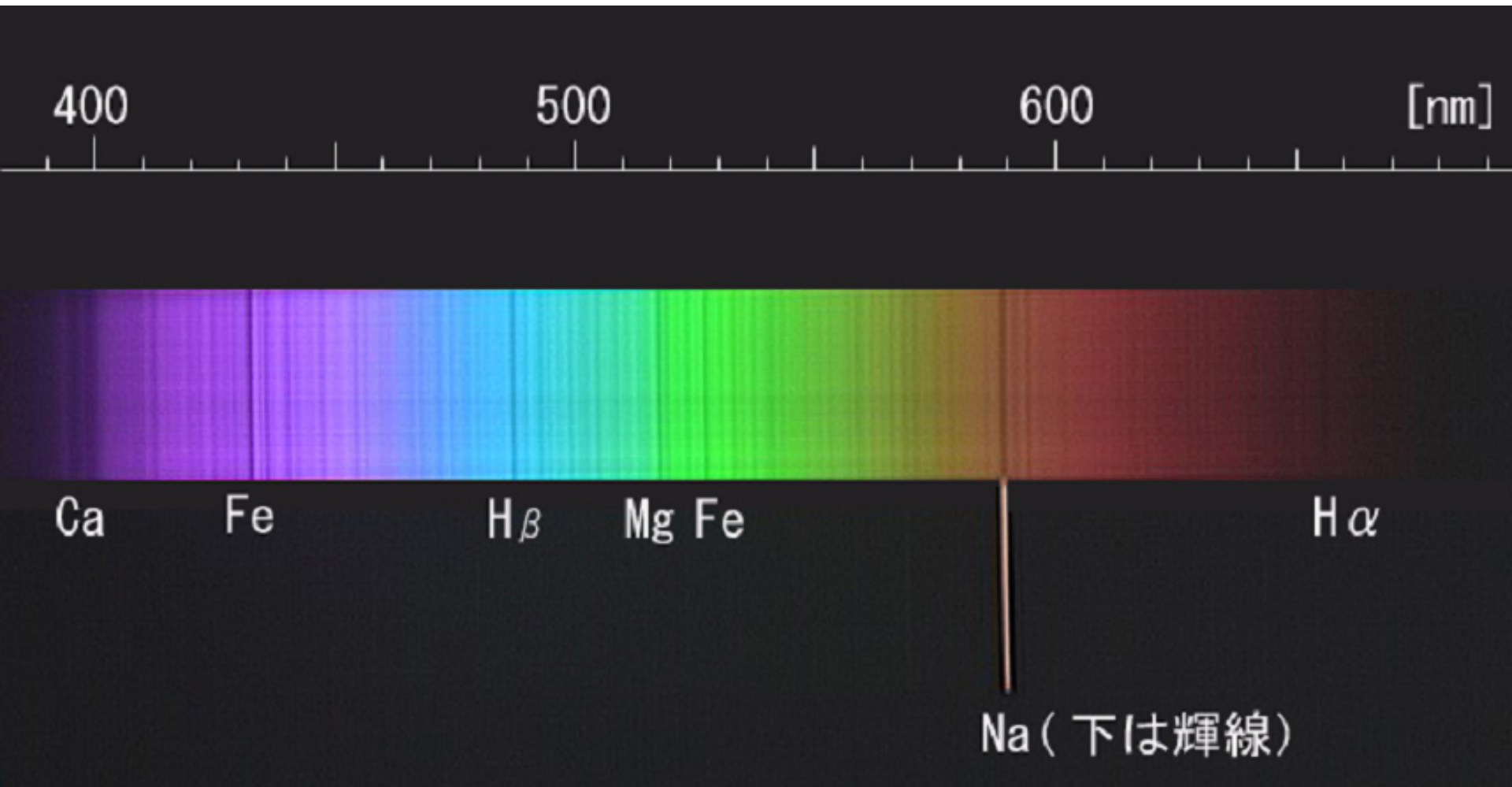
太陽系でそれぞれの元素は

どのような量比で

存在しているのか？

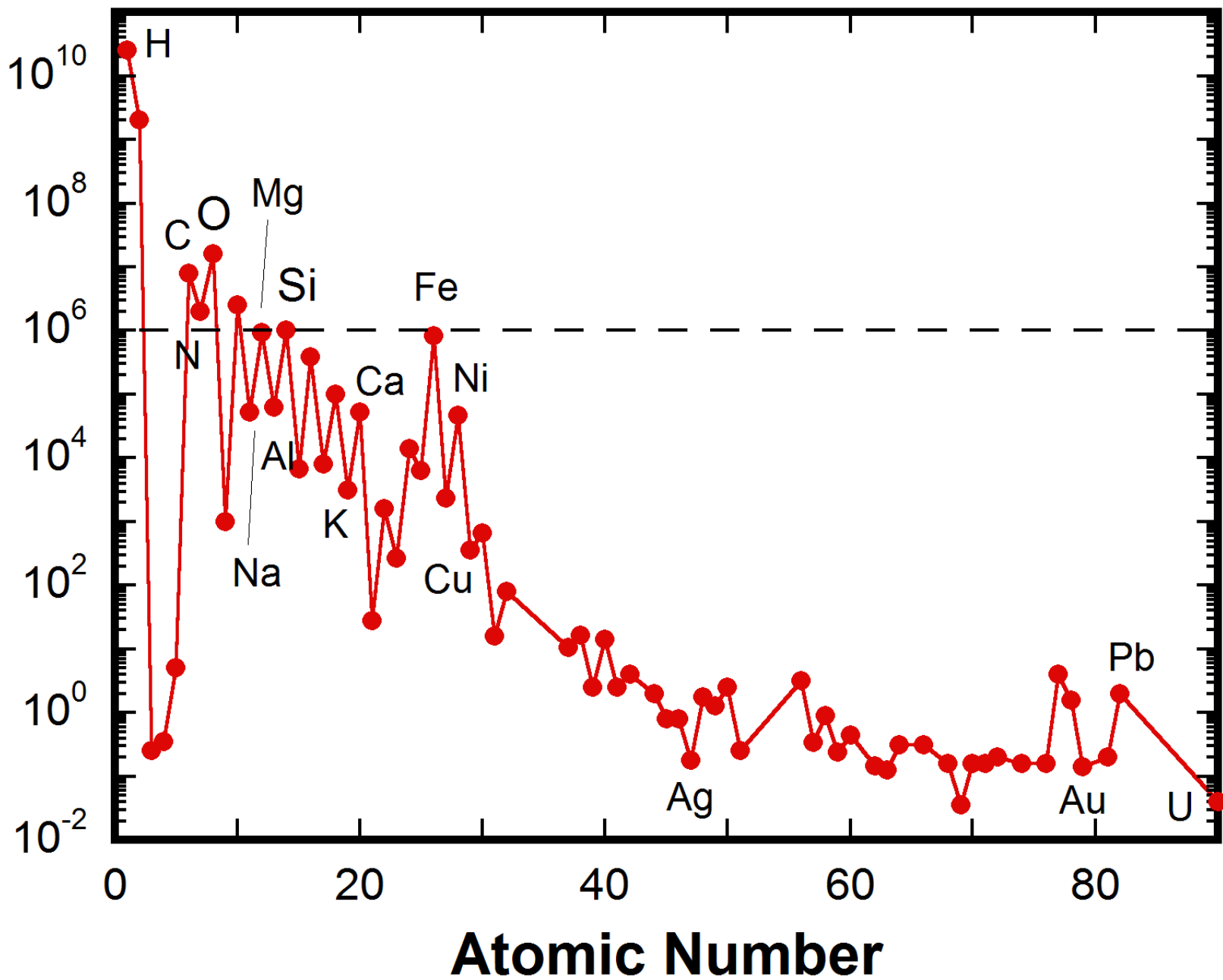
⇒ どのようにして調べるか？

太陽光のスペクトル

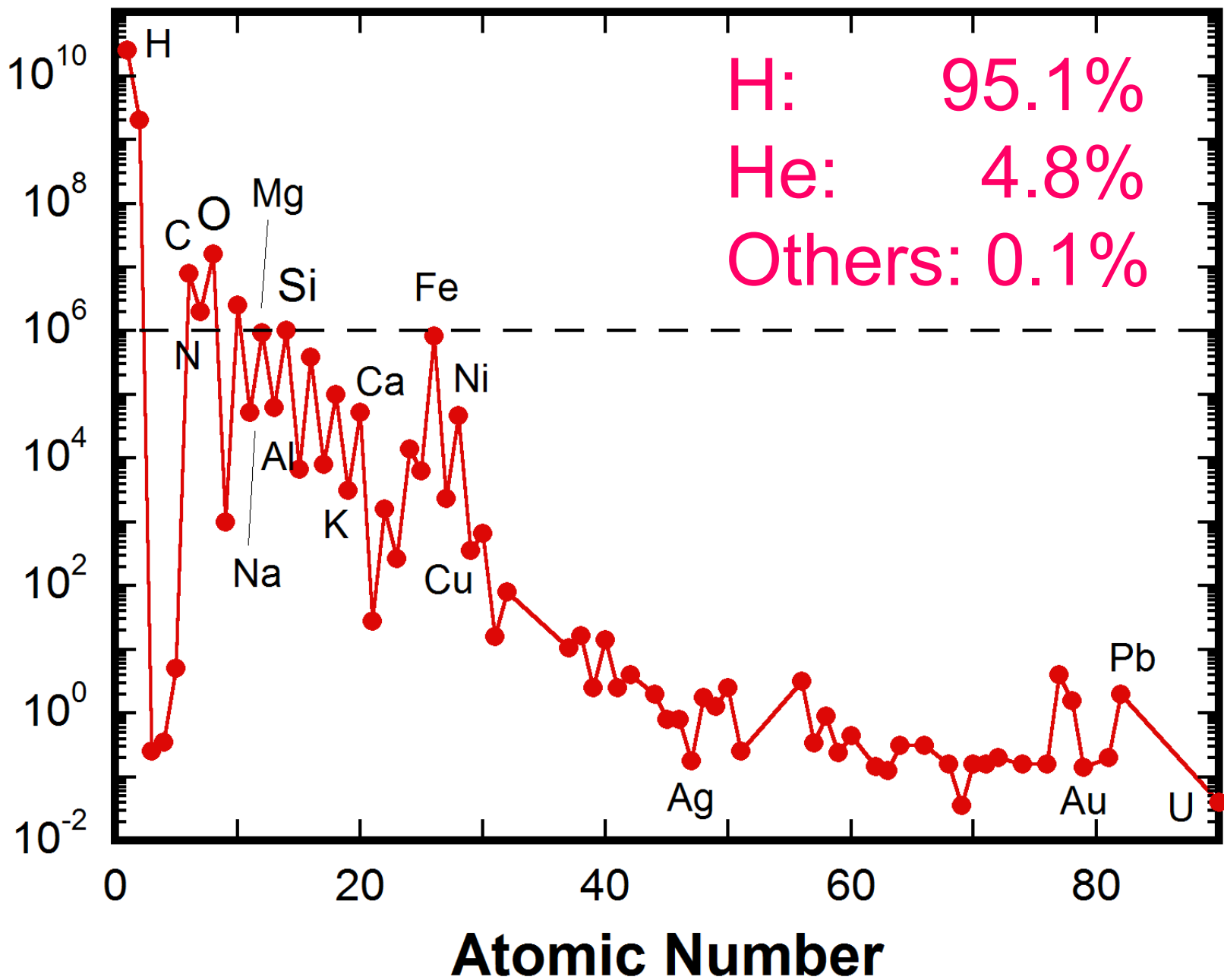


元素に固有な光の吸収の強度から元素存在度が推定できる

Relative Abundance (Si=10⁶)



Relative Abundance (Si=10⁶)



なぜこのような量比で

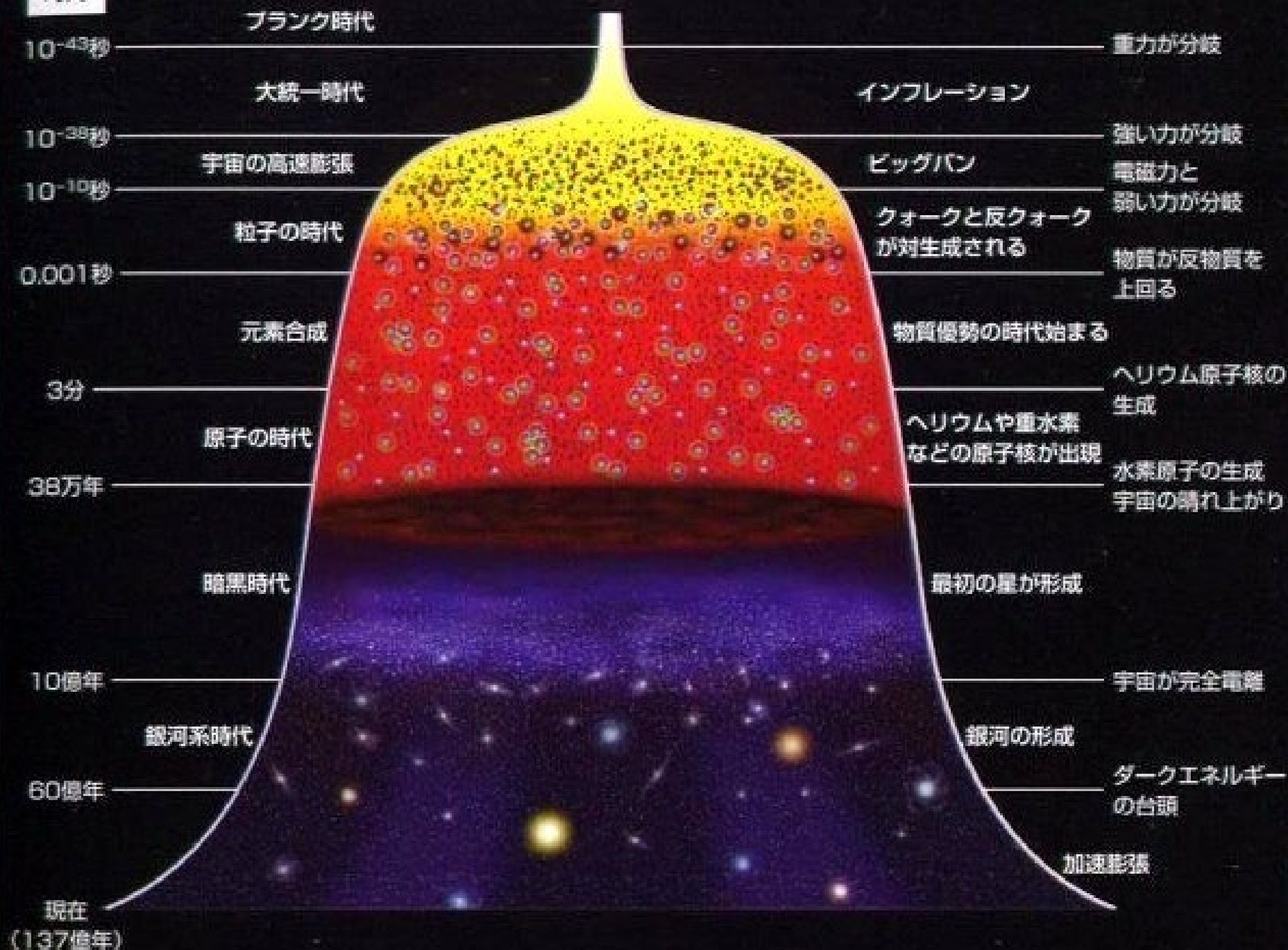
存在するのだろうか？

元素存在度は宇宙の歴史を

反映している

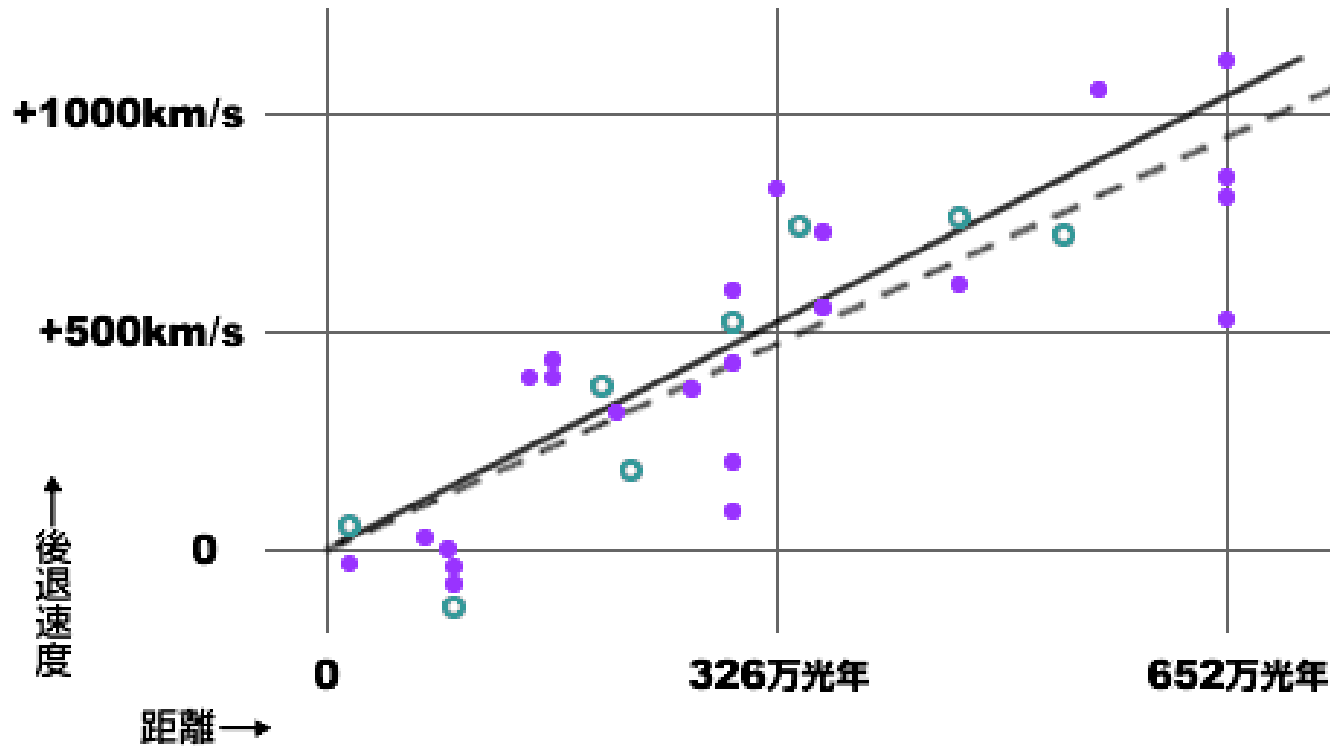
**宇宙はどのように
始まったか？**

時間

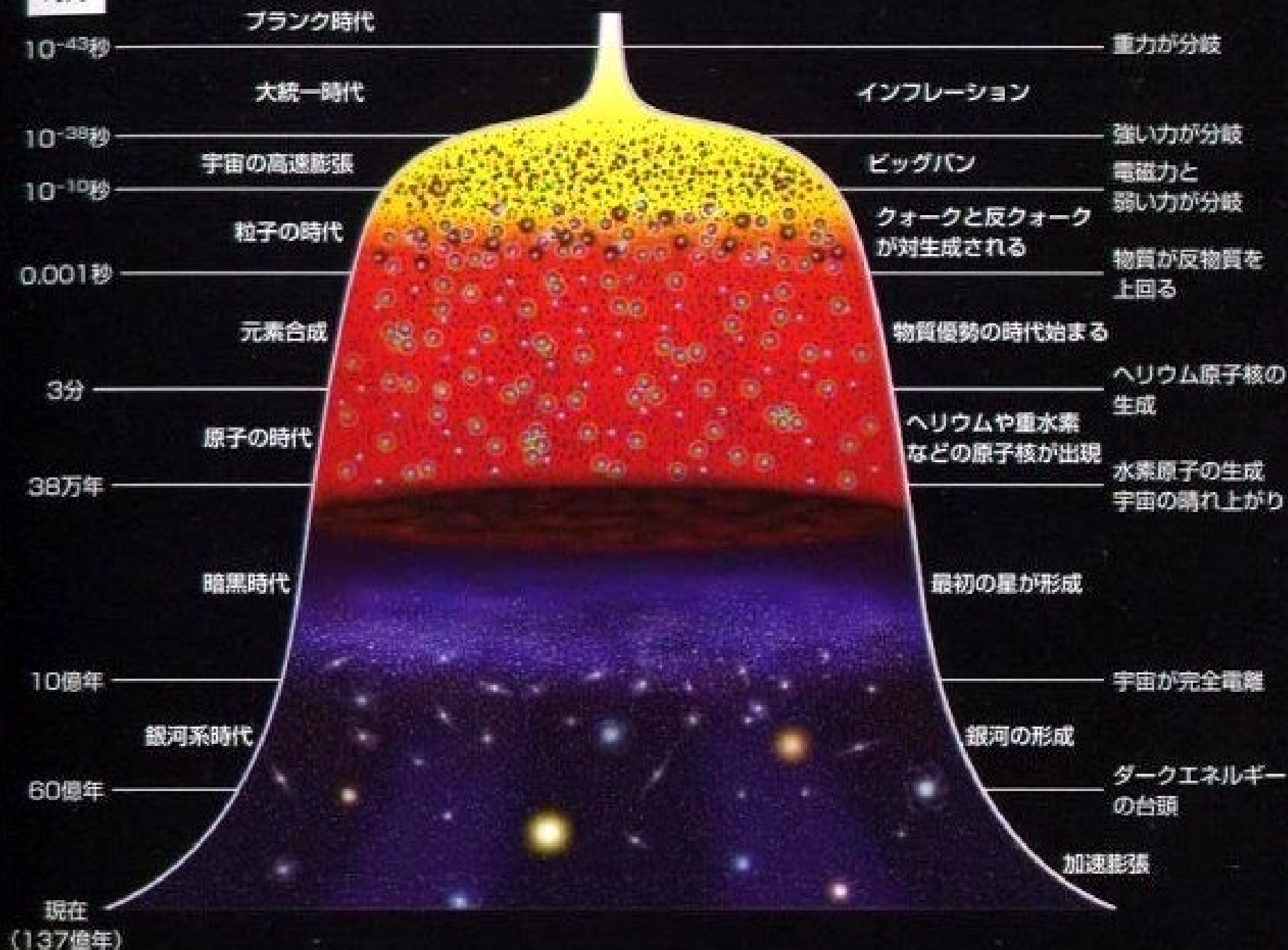


**なぜ宇宙が膨張していることが
分かるのだろうか？**

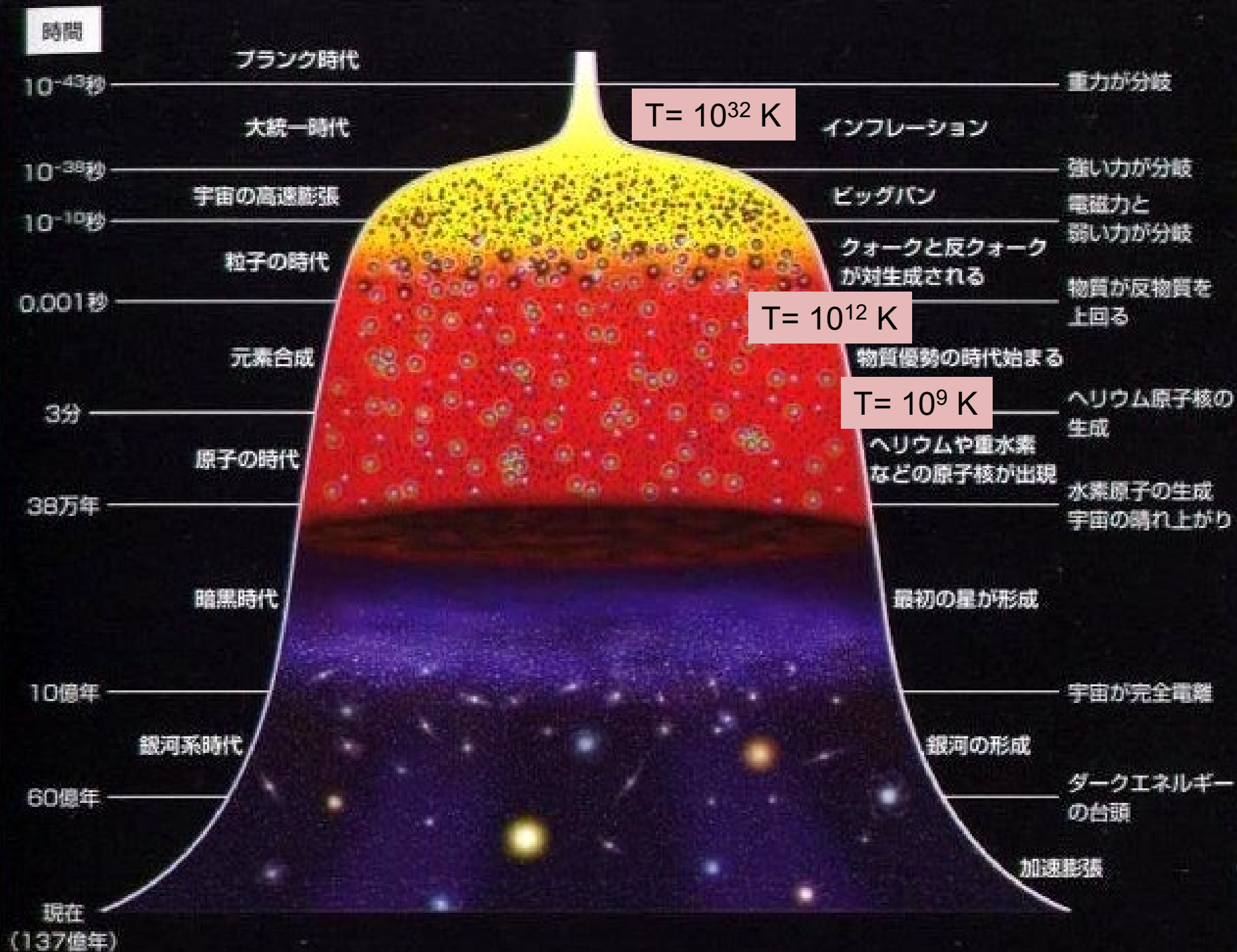
Hubbleの法則 (1929)



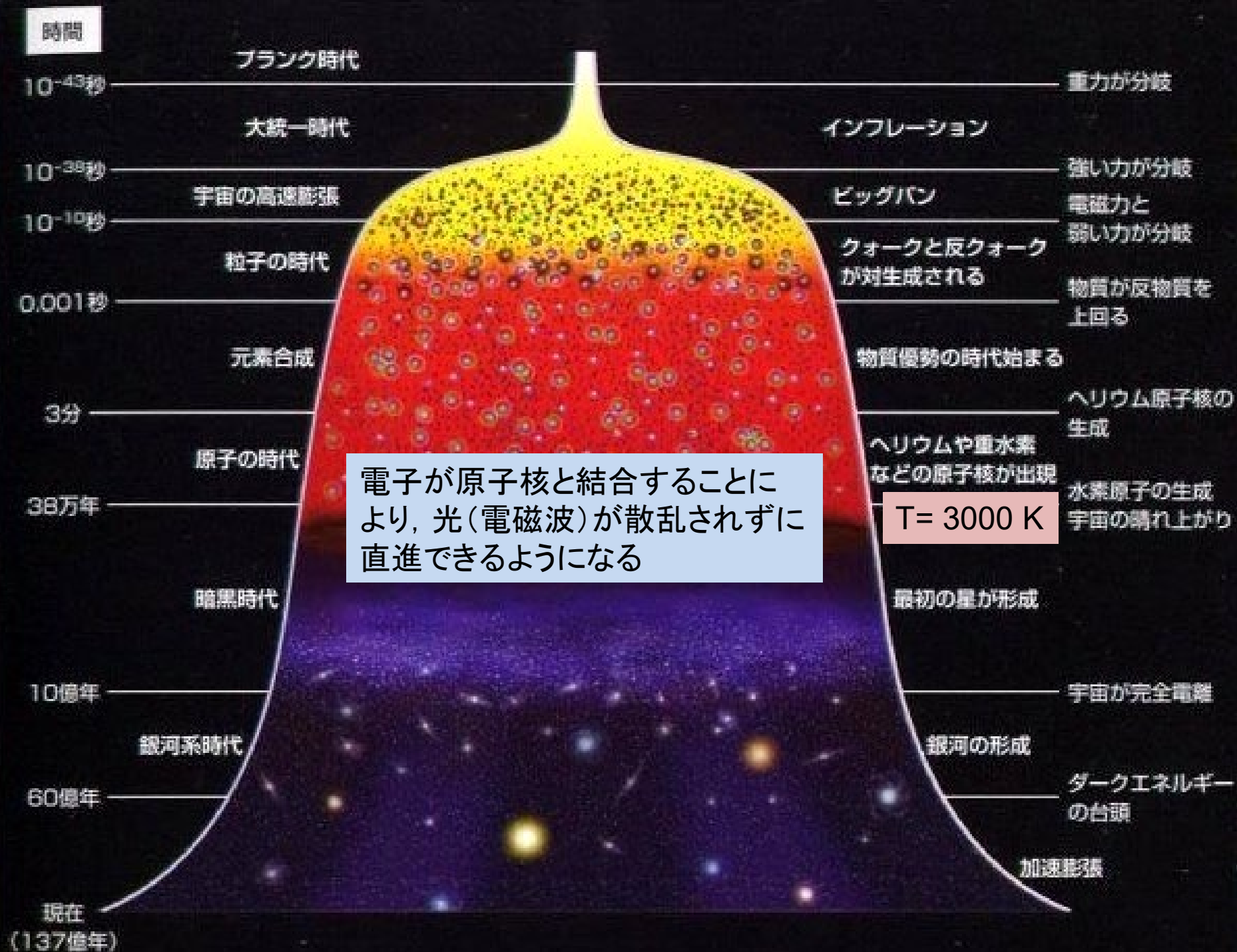
時間



**宇宙の始まりは
どのような状態だったか？**



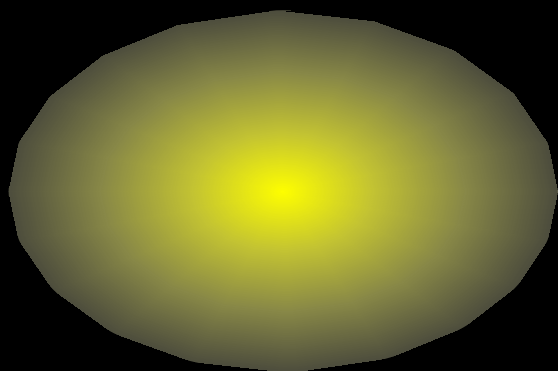




**水素, ヘリウムよりも
重い元素はどのように
つくられたか？**

星の形成

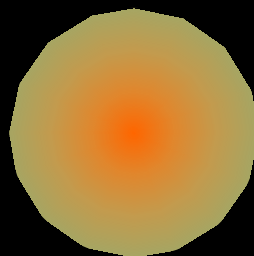
密度のゆらぎ



重力収縮

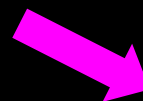


赤外線放射

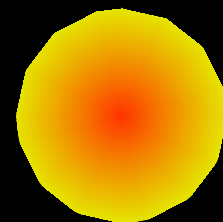


原始星

重力収縮



H 燃焼の開始



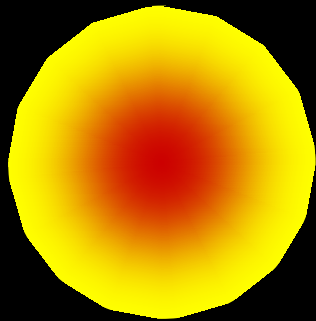
温度上昇
 $T=1000$ 万K

核融合反応の開始

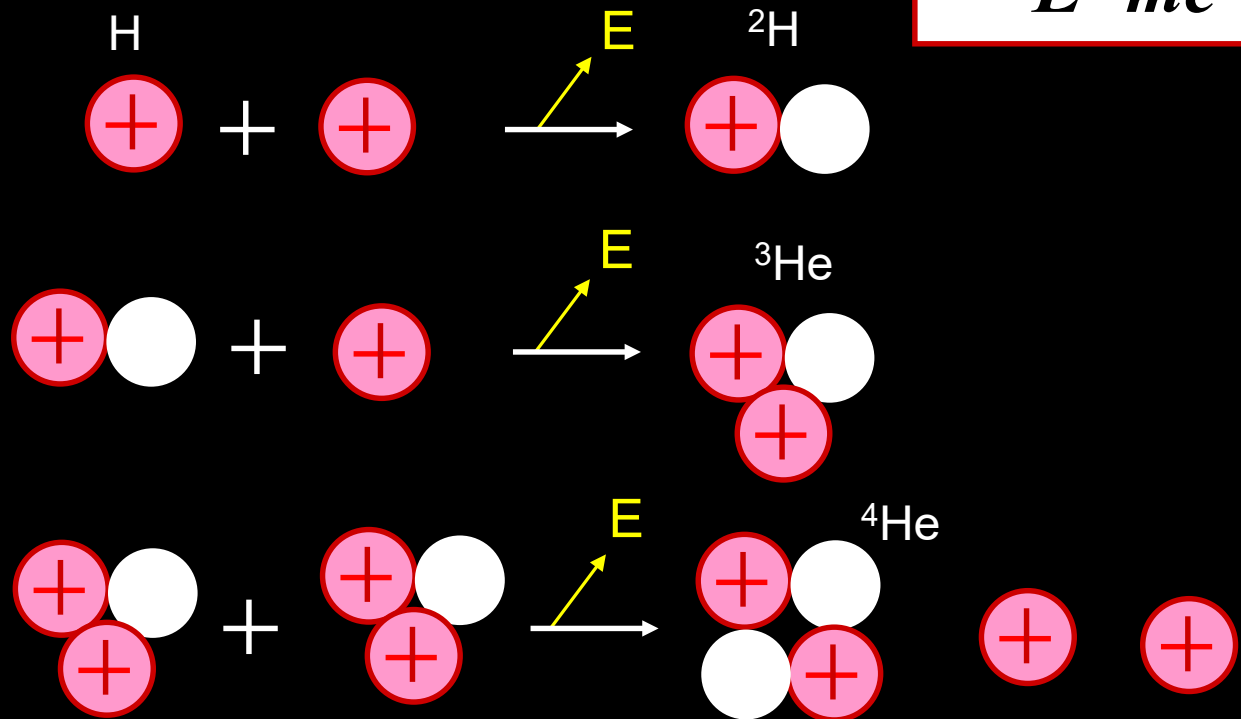
T=1000万K

水素-ヘリウム反応の開始

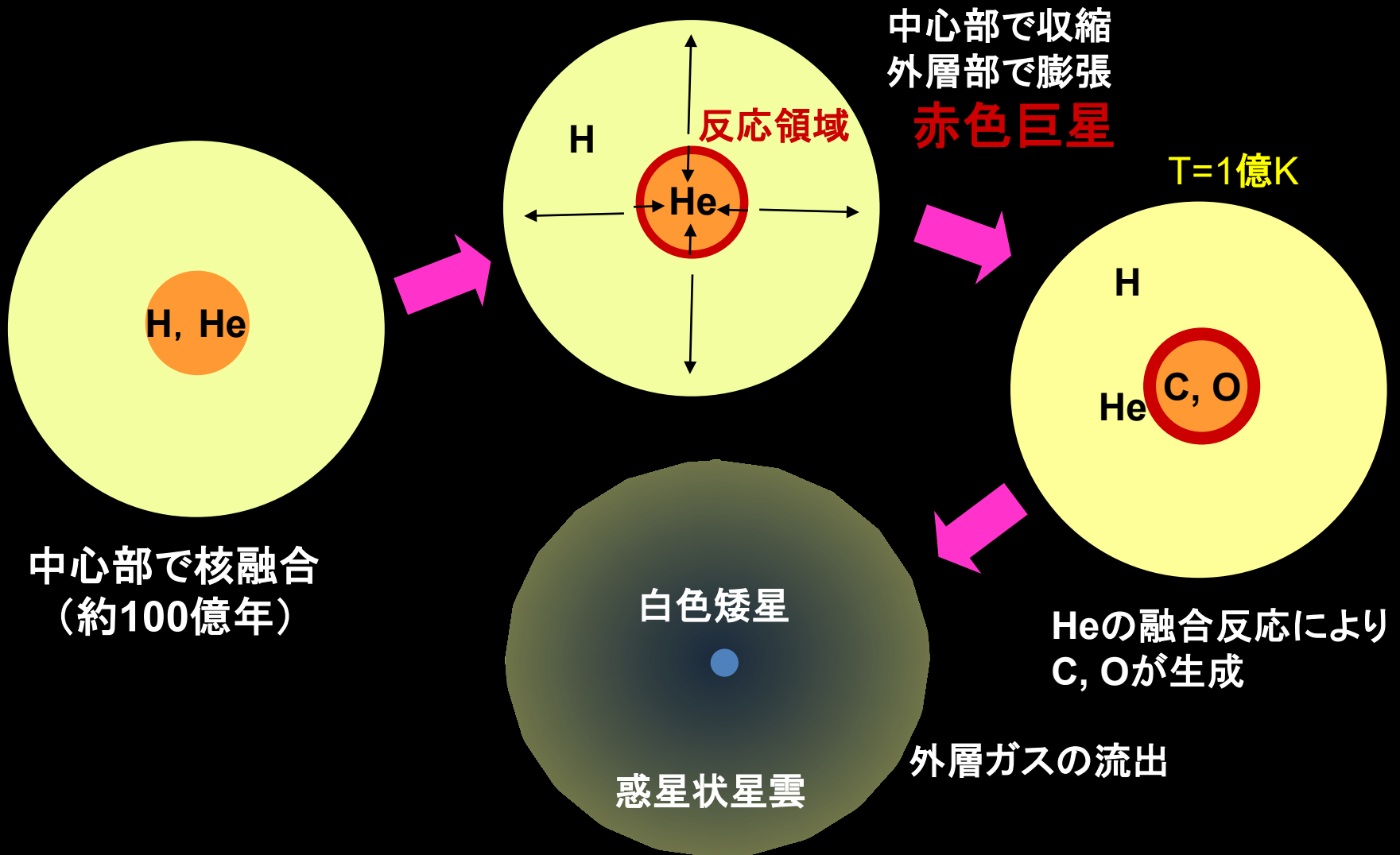
内部圧力と重力がつりあう



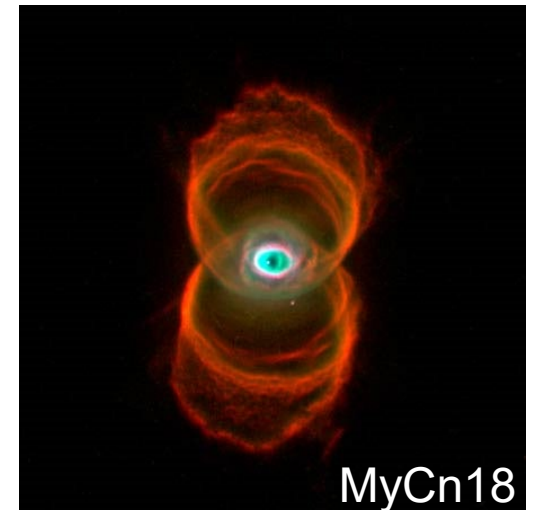
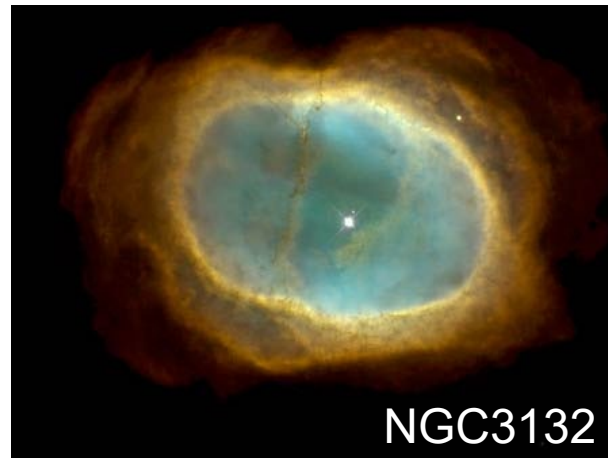
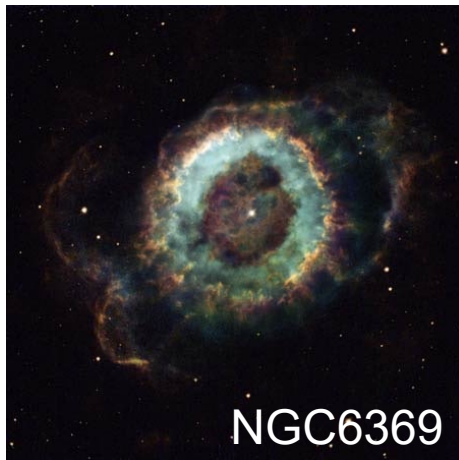
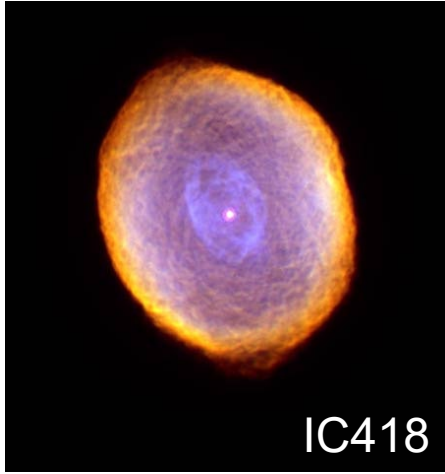
$$E=mc^2$$



星の進化： $0.8M_{\odot} < M < 8M_{\odot}$



Hubble 宇宙望遠鏡が捉えた 惑星状星雲



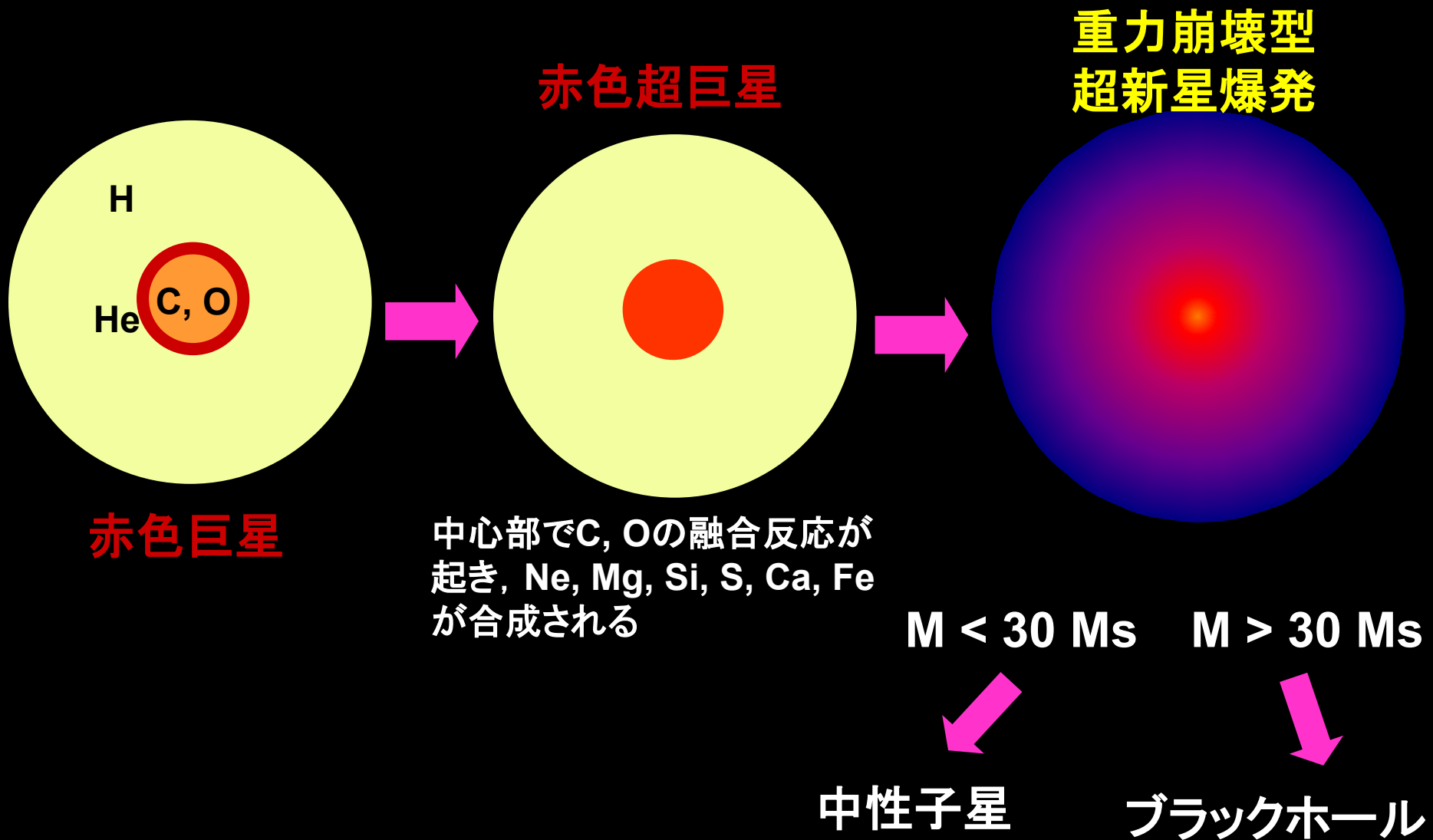
白色矮星

高密度

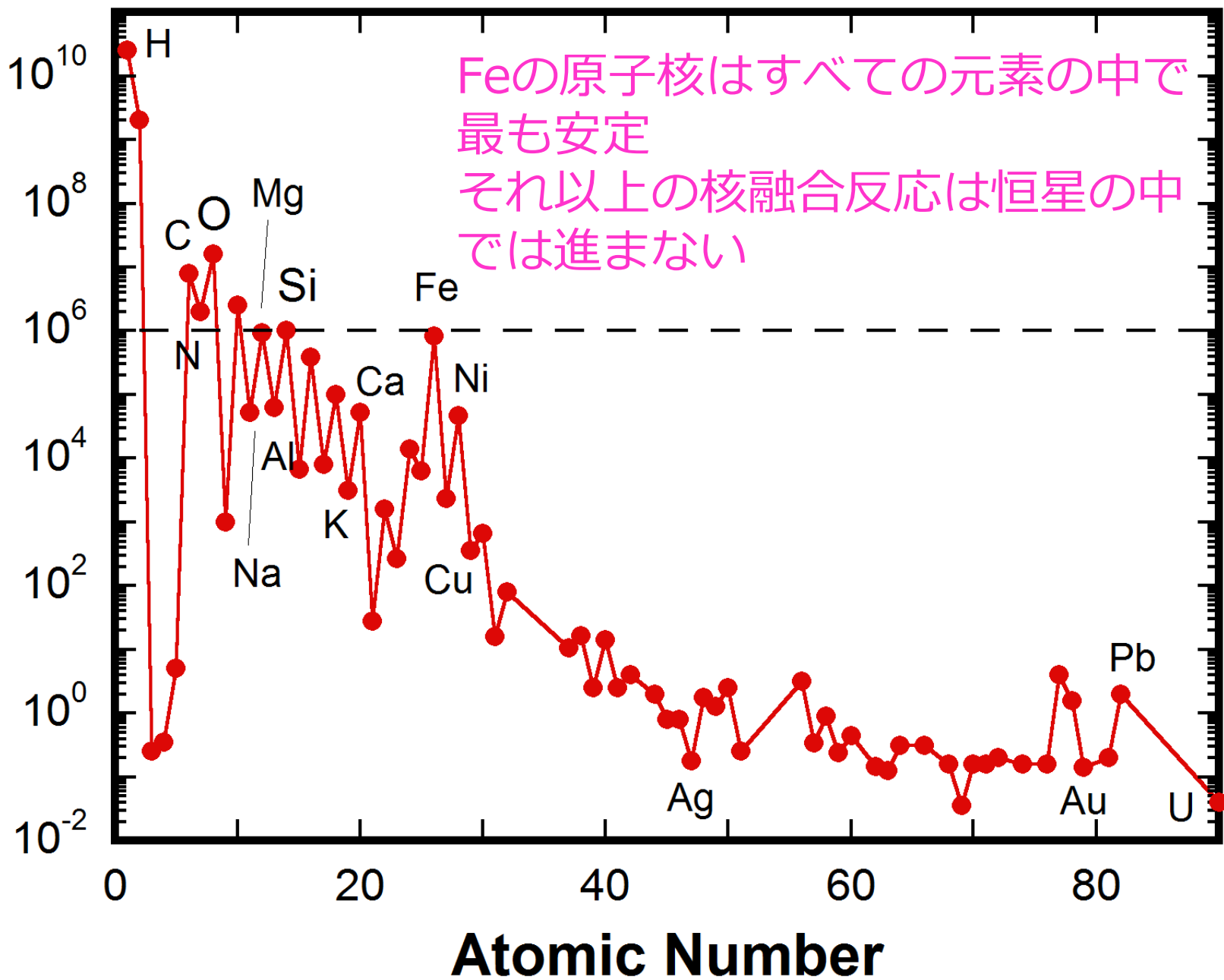
質量： 太陽程度

直径： 地球程度

星の進化： $M > 8M_{\odot}$ の場合



Relative Abundance ($\text{Si}=10^6$)



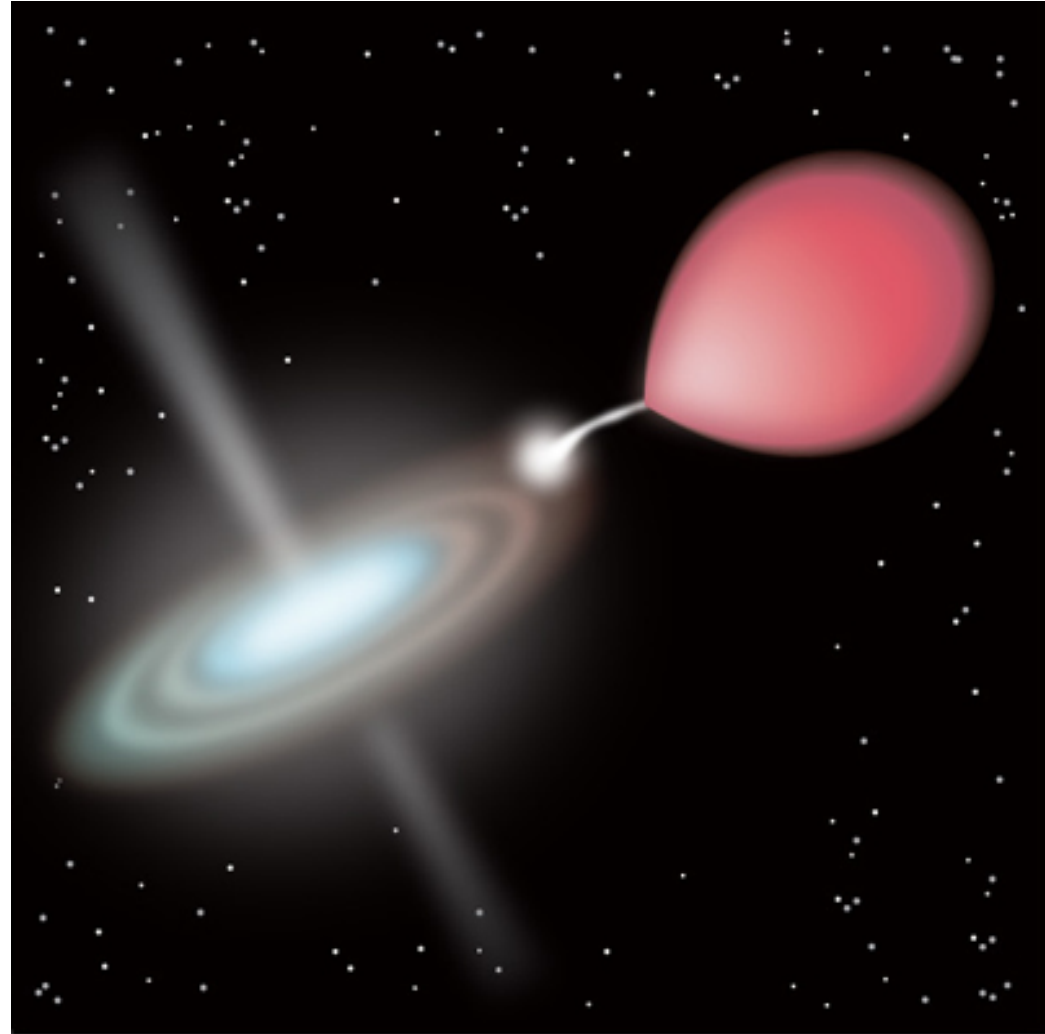
Ia型（核反応暴走型）超新星爆発

恒星から白色矮星にガスが
流れ込む

⇒ 白色矮星の質量が限界
に達すると、暴走的に核反
応が起きる

Fe, Cr, Mn, Co, Ni

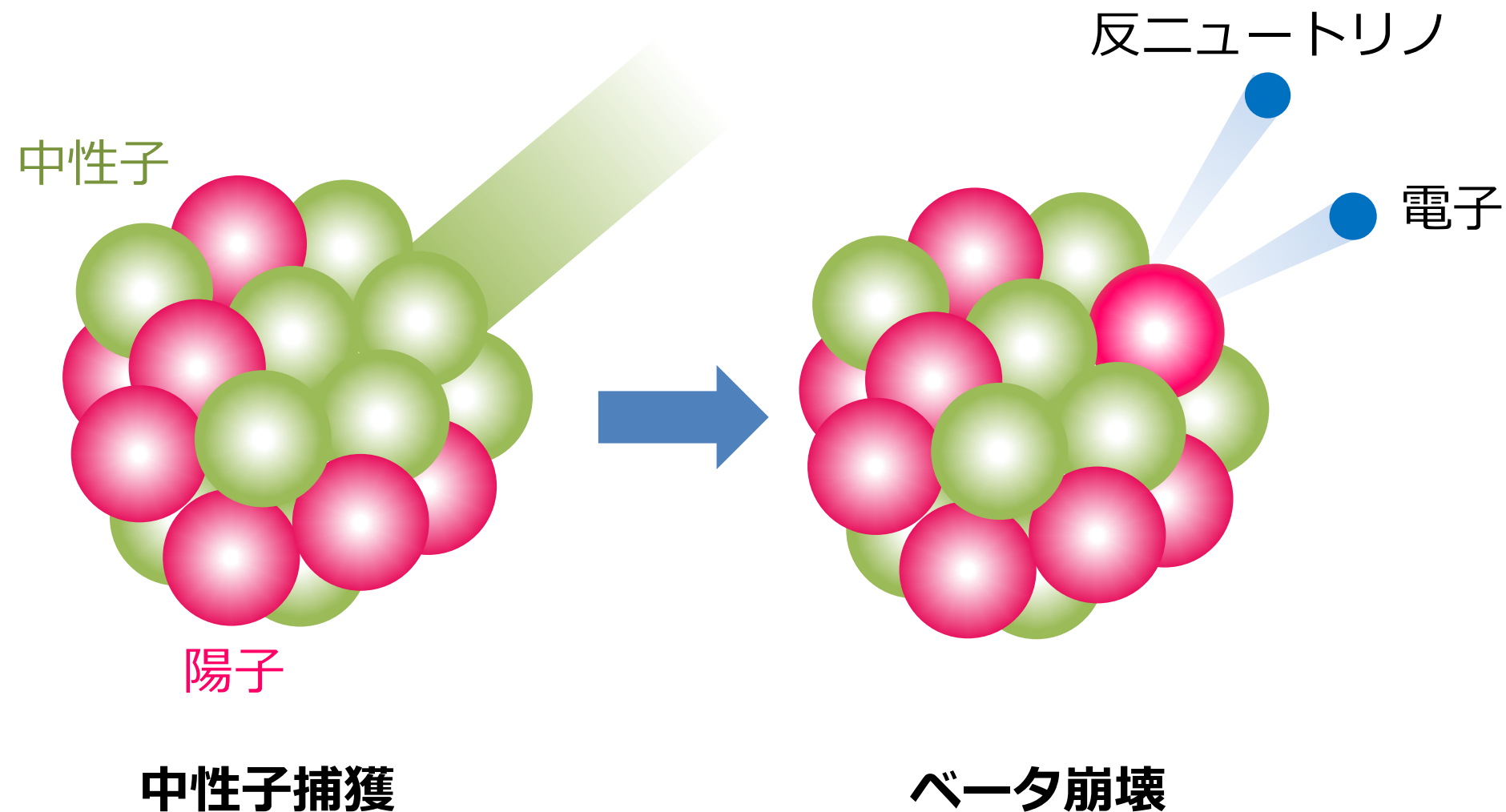
が大量に合成される



重い元素は

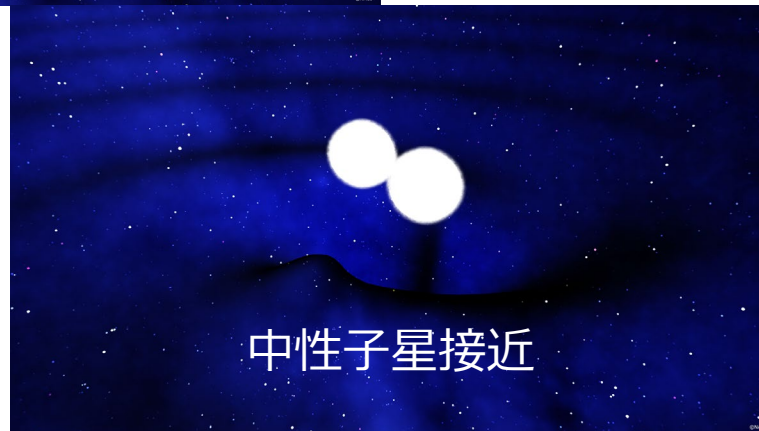
どのようにしてできるのか？

中性子捕獲＋ベータ崩壊



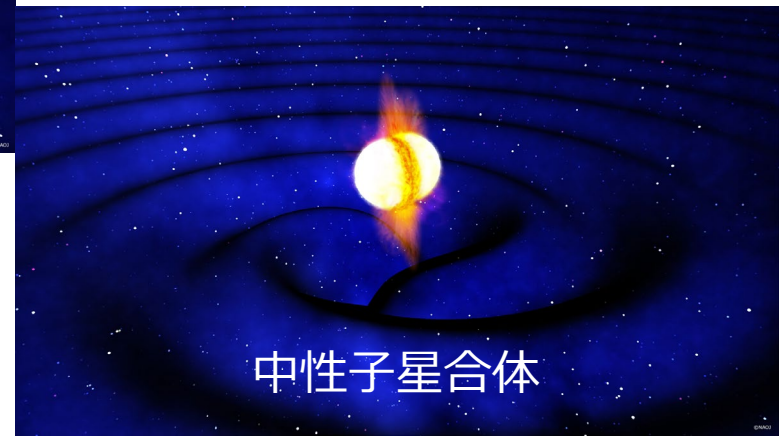
中性子星の合体

中性子星 半径10 km程度
質量 太陽程度
高密度

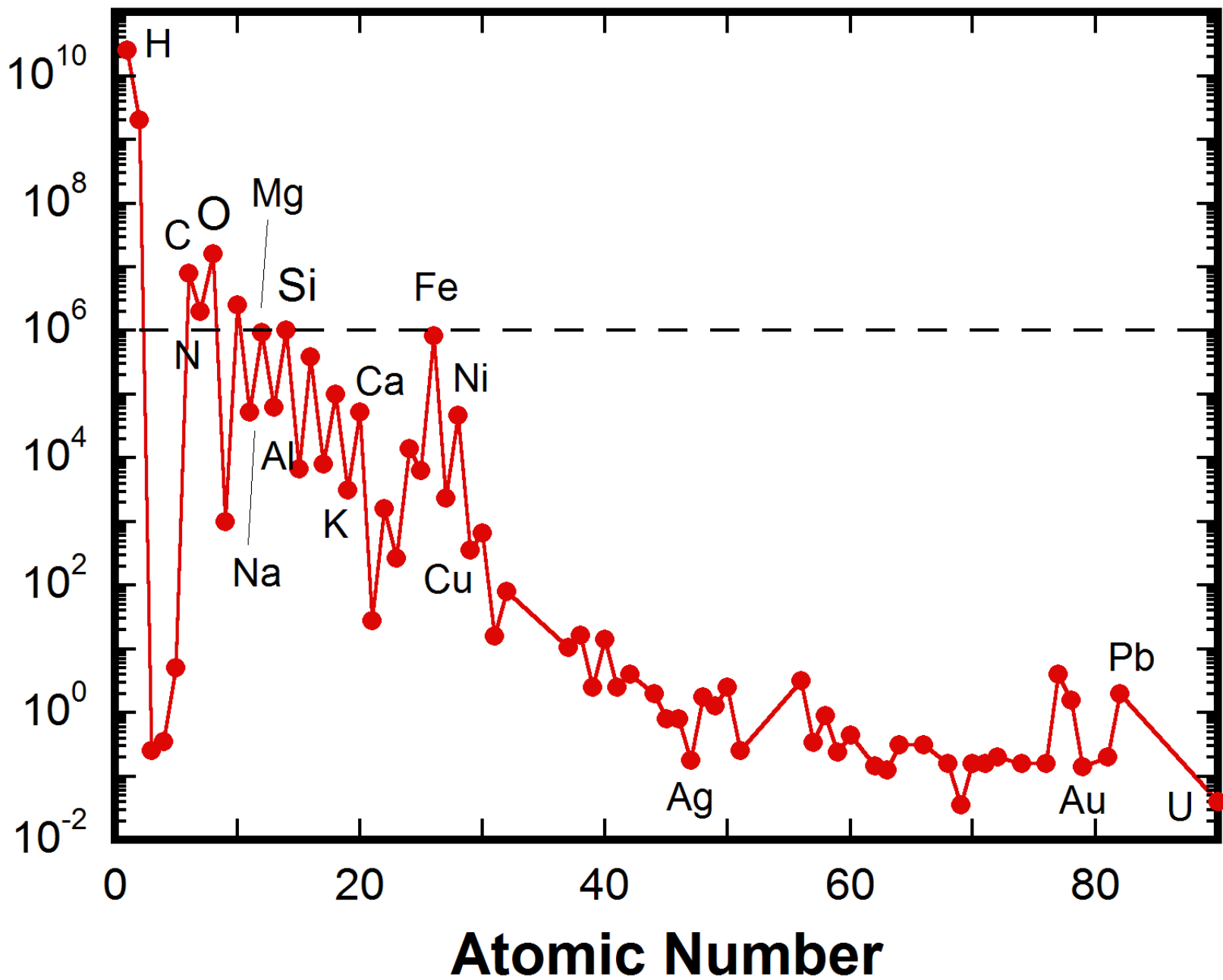


Pt, Au, U などを合成

合体に伴う重力波が
観測されている



Relative Abundance (Si=10⁶)

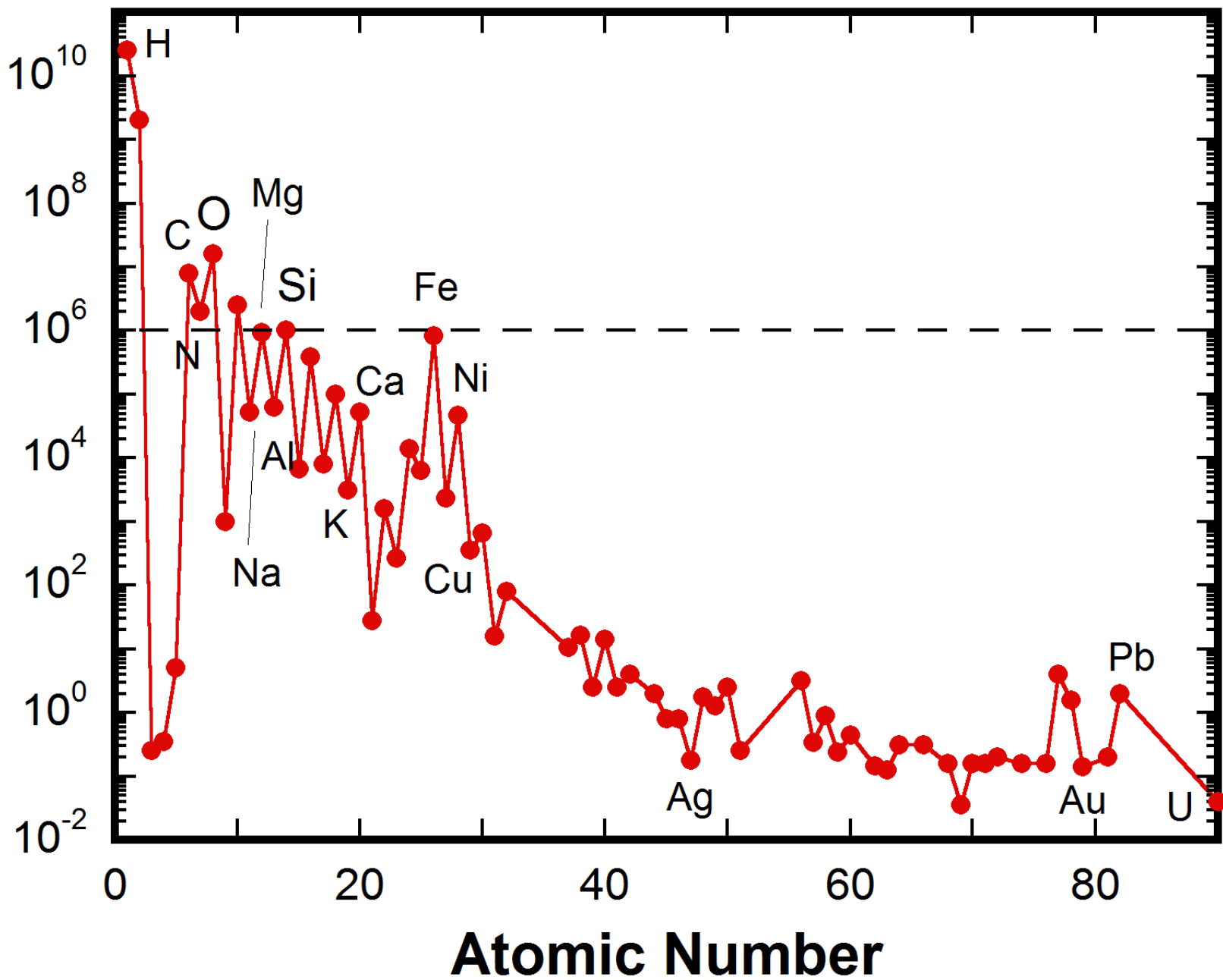


太陽の元素存在度から

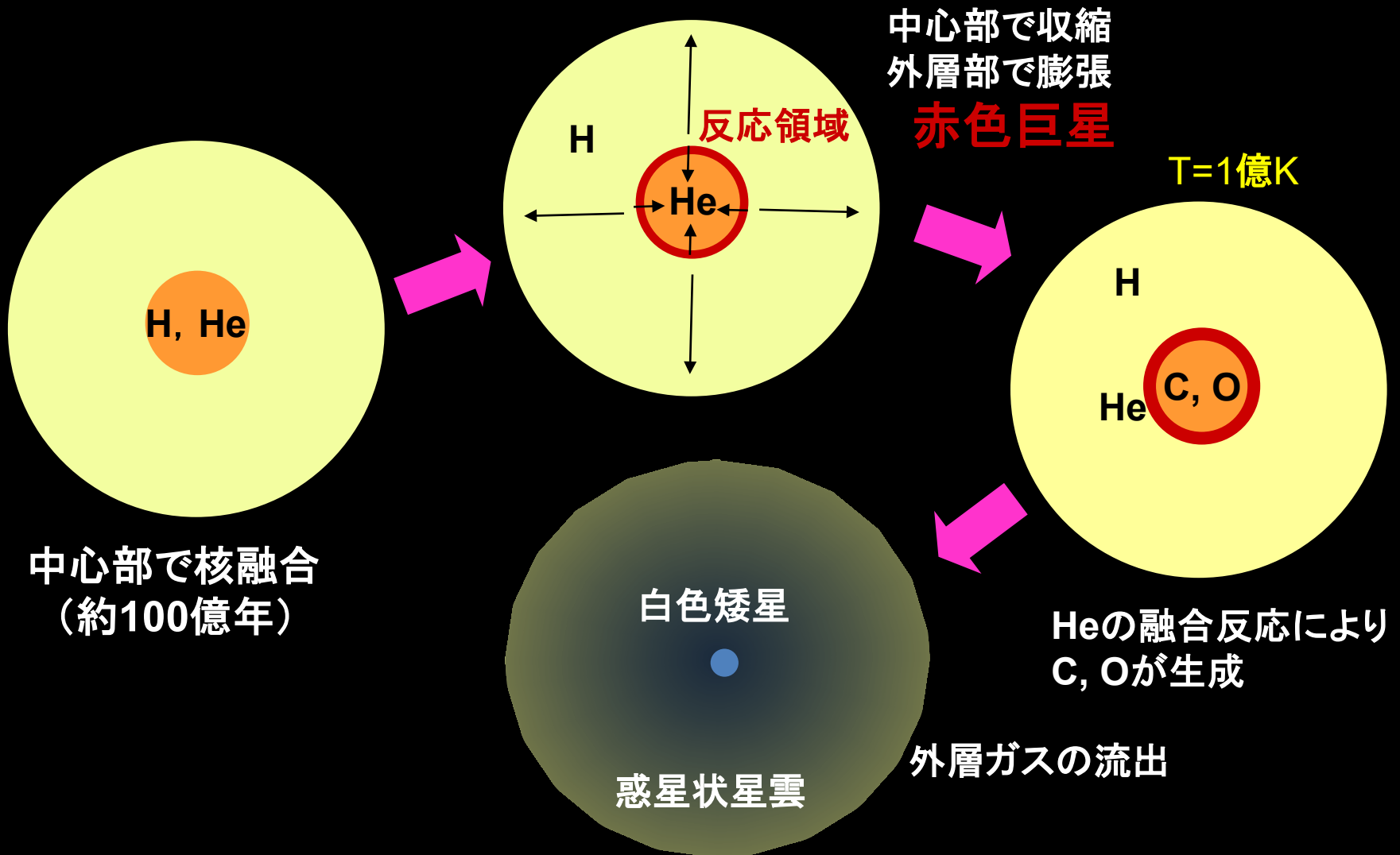
どのようなことが

考えられるか？

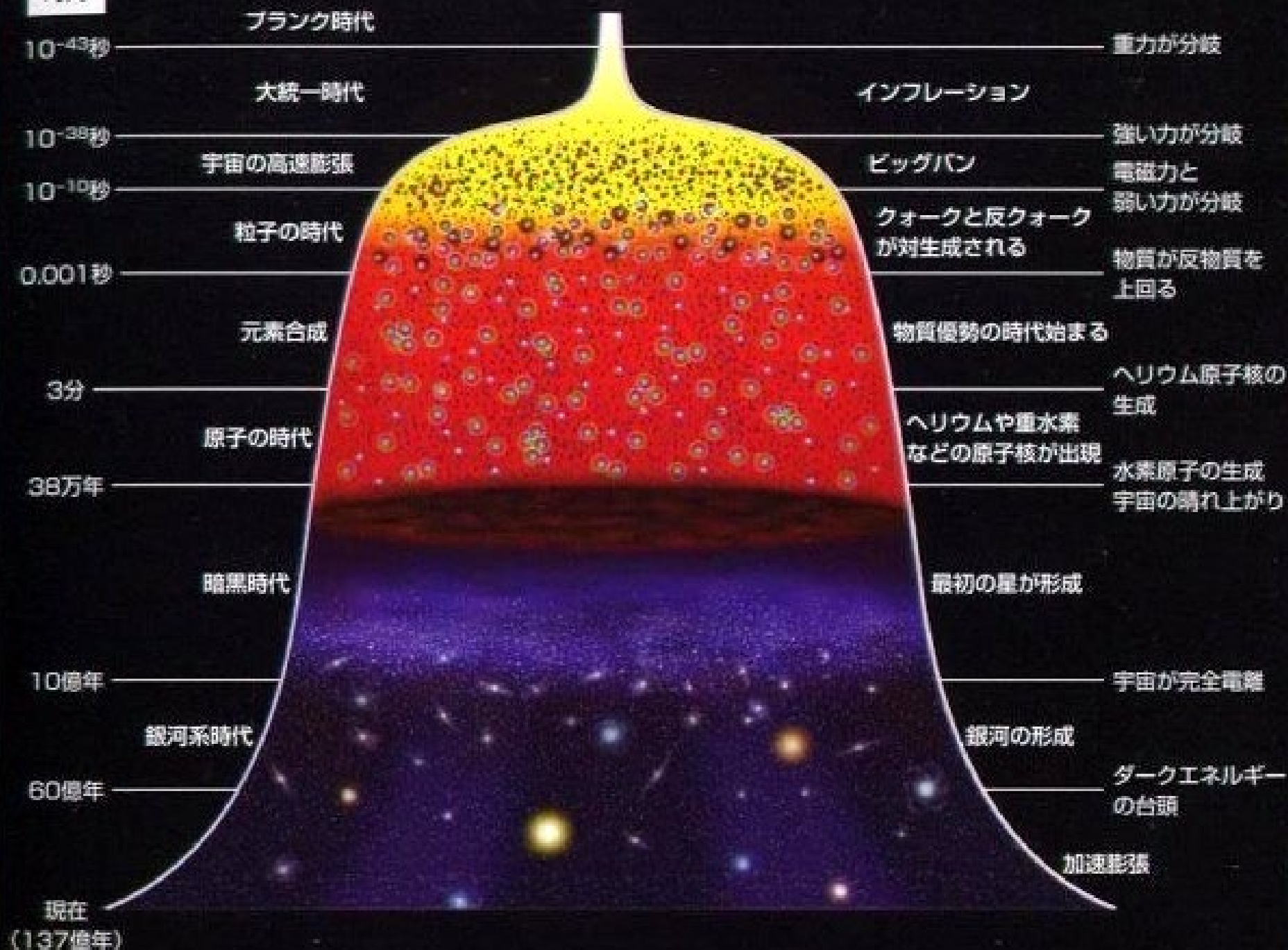
Relative Abundance (Si=10⁶)



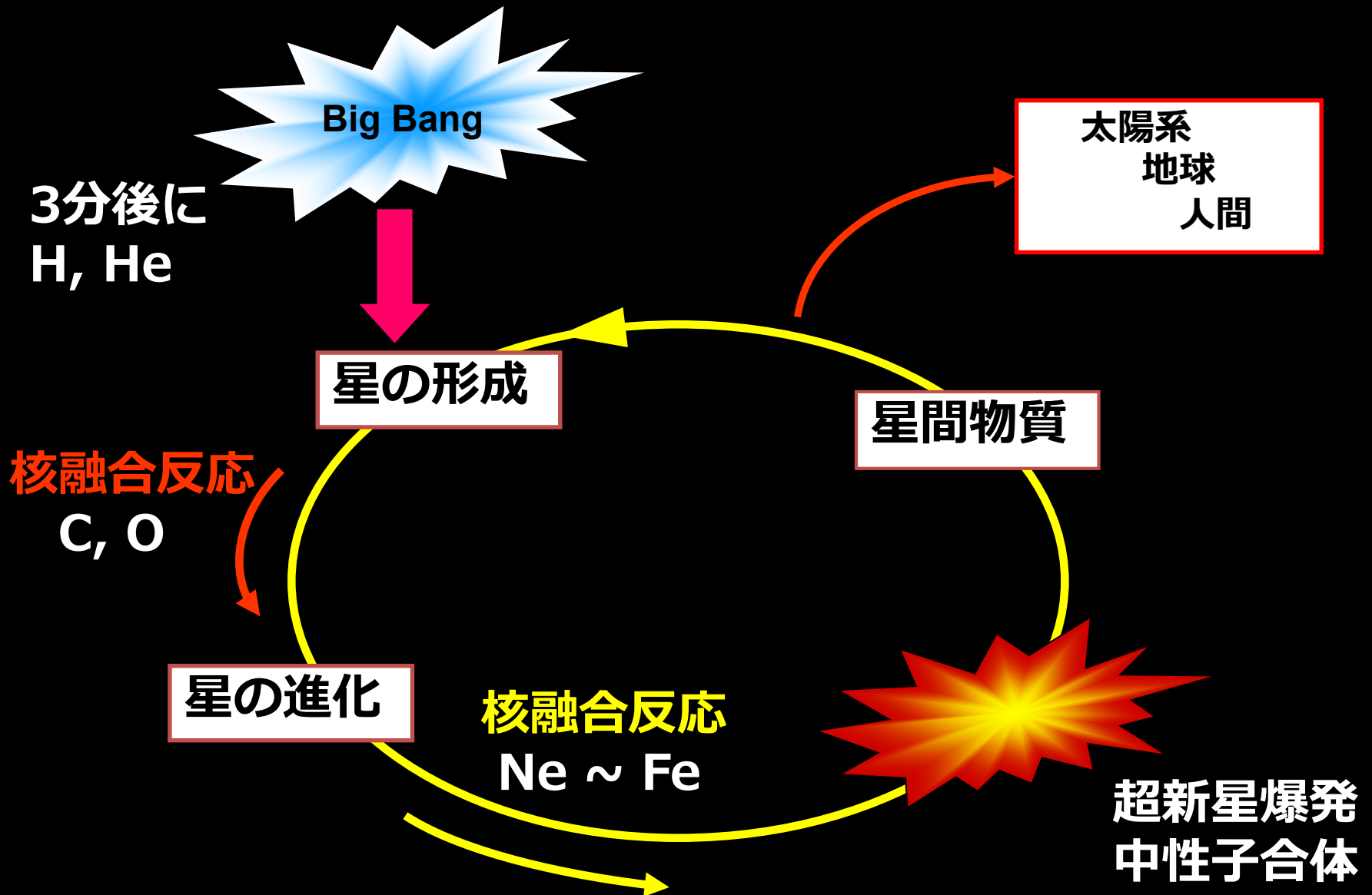
星の進化： $0.8M_{\odot} < M < 8M_{\odot}$



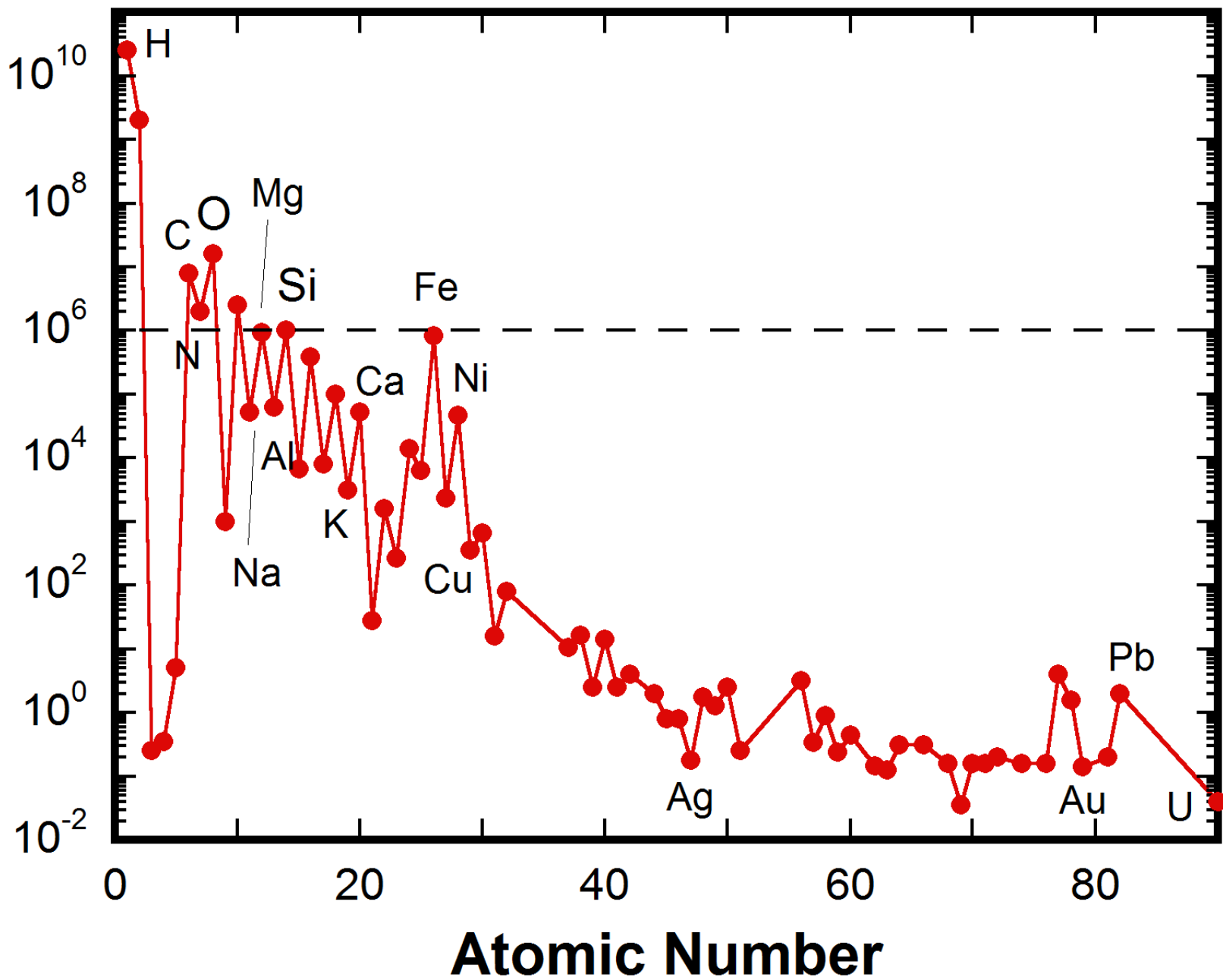
時間



宇宙での元素合成サイクル



Relative Abundance (Si=10⁶)



**元素存在度は
宇宙で一様か？**

銀河系円盤部の恒星のMg, Fe 組成比

